

中国工业能源效率鸿沟的形成 机理与实证研究

李玉婷^{1,2}, 史丹³

(1.西南大学 经济管理学院,重庆 400716;2.西南大学 经济研究中心,重庆 400716;
3.中国社会科学院 工业经济研究所,北京 100836)

[摘要] 对能源效率鸿沟的形成机理进行分析,并利用1997—2015年的省际面板数据和随机前沿分析方法测算中国工业的能源利用效率鸿沟。结果显示:中国工业部门存在明显的能源效率鸿沟;造成工业能源效率鸿沟的主要障碍因素来自企业经营的外部市场环境,包括金融市场发育程度、能源价格、经济市场化程度、环境规制;企业自身的组织行为障碍也是造成能源效率鸿沟的重要因素;“十一五”时期以来的能效政策对于缩小工业能源效率鸿沟有明显作用。

[关键词] 能源效率鸿沟;节能减排;工业能源效率

[中图分类号] F206

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-9556(2018)06-0061-13

An Empirical Research on the Formation Mechanism of Industrial Energy Efficiency Gap in China

LI Yu-ting^{1,2}, SHI Dan³

(1.College of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400716; 2. Economic Research Center, Southwest University, Chongqing 400716; 3. Institute of Industrial Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100836, China)

Abstract: This paper analyzes the formation mechanism of energy efficiency gap and evaluates the energy efficiency gap in Chinese industrial sector by applying the stochastic frontier analysis and the panel data of China's 30 provinces during 1997-2013. The findings are as follows. Firstly, there exists an obvious energy efficiency gap in Chinese industrial sector. Secondly, the gap mainly results from the external market environment, including the development degree of financial market, energy price, the degree of economic marketization and environmental regulation. Thirdly, the behavioral barrier has some negative impact on energy efficiency gap. Finally, it is found that policy guidance has significantly improved the energy efficiency in industrial sector since the 11th Five-Year Plan period.

Key Words: energy efficiency gap; energy saving; industrial energy efficiency

一、引言

中国每年的能源消费量接近世界能源消费总量的四分之一,已成为世界第一大能源消费国,其

中约三分之二是在工业部门被消费。快速推进工业化、重速度、轻质量的发展模式在推进中国经济快速增长的同时,也造成了能源利用效率低下,带来

[基金项目] 国家自然科学基金青年项目(71603218);重庆市社会科学规划项目(2017YBJJ034);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(SWU1709119, SWU1809227)

[作者简介] 李玉婷(1987-),女,重庆人,西南大学经济管理学院教师,经济学博士,主要研究方向为能源经济;史丹(1961-),女,北京人,中国社会科学院工业经济研究所研究员,管理学博士,博士生导师,主要研究方向为能源经济。

了资源浪费、经济结构失调、高耗能产业产能过剩、生态环境破坏等一系列问题。自“十一五”规划首次提出能源强度的约束性目标以来,我国政府不断增强对能源效率问题的重视程度,在“十二五”“十三五”规划中持续贯彻能源效率目标,在党的十九大报告中也明确指出了未来中国绿色发展的定位。鉴于中国能源消费不断增长而利用效率却依然较低的现实情况,以及我国不断面临能源约束和绿色发展的要求,可见能源效率问题已成为当下需解决的重大课题。

国内关于能源效率的研究大多集中于区域层面,较少涉及不同类型的能源使用以及能源消费主体的行为(邹艳芬,2014)^[1]。然而,能源消费的多少与能源效率的改进取决于能源消费主体的行为,如企业是否会采用新的节能技术。以往对能源效率影响因素的研究尽管涉及较多变量,但在影响因素选取上的科学性不足,变量之间甚至可能存在因果关系,对于根本影响因素缺乏深入分析,关于各种因素对能源效率的影响机制也不清晰(魏楚和沈满洪,2009)^[2]。工业是我国最大的能源消费部门,那么如何提高我国工业的能源利用效率,其根本影响因素有哪些,企业的能源消费行为有什么特点,阻碍工业企业做出最优能效选择的原因和机制是什么,这些都值得进一步探究。本文认为,对能源利用效率鸿沟(最优能源效率水平与实际能源效率之间的差额)进行研究有助于对这些问题提供一定的解释。

目前,国外关于能源效率鸿沟的研究已产生不少成果,但国内对能源效率鸿沟的研究比较少见。相关效率鸿沟研究主要是围绕企业个体的能源行为,从微观视角出发,致力于寻找阻碍企业能源效率潜力实现的原因。现有研究已经发现并提出了多种可能导致能源效率鸿沟的障碍因素,并提供了较为全面的原因,但多以提供新解释为目的,缺乏对能源效率障碍形成机制的系统研究。本文着眼于工业的能源效率鸿沟,对企业的能源行为以及能源效率障碍的形成机理进行系统刻画。在此基础上,本文利用随机前沿分析法对中国工业能源效率鸿沟进行度量,并基于市场失灵、市场障碍和组织行为障碍三种机制,选取、检验多种障碍因素对中国工业能源效率鸿沟的实际影响。此外,本文还将对“十一五”时期以来能效政策的干预效果进行实证检验。

二、文献综述

(一)能源效率鸿沟的含义

能源效率鸿沟(Energy Efficiency Gap)是指能源

效率的改进潜力,或最优的能源效率水平与实际能源效率之间的差额,对其探讨起源于能源技术领域的“悖论”现象。学者们发现,许多满足成本-收益净现值条件的节能技术在应用推广中存在受阻现象,如节能灯具、空调、冰箱等产品的市场份额较低。尽管最优的能源效率水平无法观测,但许多学者认为,能效投资的隐含贴现率较高、能效技术扩散缓慢等现象都可以看作是存在能源效率鸿沟的有效证据(Sorrell et al.,2004)^[3]。在欧盟的“20-20-20 战略”中,欧盟委员会估计了不同领域的节能潜力,如交通业可以提高 26%、制造业可以提高 25%、家庭可以提高 27%等,可以被看作是对各领域能源效率鸿沟的估计(Backlund et al.,2012)^[4]。

“能源效率鸿沟”最早由 Hirst 和 Brown(1990)^[5]提出,他们指出美国的能源效率至少还有 50%未开发的潜力存在,而使潜力得到开发的途径就是消除经济结构障碍和市场障碍。之后,学者们对能源效率鸿沟的含义进行了界定和补充。Jaffe 和 Stavins(2000)^[6]认为,实际用能和最优用能之间存在鸿沟,并提出可以从三个方面去判定能源效率潜力:能源利用的经济潜力,指消除市场失灵所能实现的能源效率潜力,要实现技术经济潜力,除了消除市场失灵以外还要求消除市场障碍;理论潜力,指实施所有技术可行的措施后所能实现的能源效率总潜力;当存在提高能源效率的技术并且在经济上有利可图时,用户仍选择低效设备,此时从社会角度看便存在能源效率的改进潜力,这便是能源效率鸿沟(Sorrell et al.,2004)^[3]。可见,多数研究基于能源技术的视角,将能源效率的改进潜力或最优能源效率水平与实际能源效率之间的差额称为能源效率鸿沟(Backlund et al.,2012;Palmer et al.,2017)^[4,7]。

(二)能源效率鸿沟形成的影响因素

国外学者从不同角度对效率鸿沟形成的原因进行了研究,包括能源市场角度、参与者决策角度和个体理性角度,认为造成效率鸿沟的原因可以分为三类,即市场失灵、市场障碍和组织行为障碍(Chai and Yeo,2012;Bukarica and Robić,2013)^[8,9],如表 1 所示。能源市场失灵,即市场无法引导资源实现最优配置,具体表现为信息缺乏或不对称、能源成本低估、研发技术溢出等。完善的能源市场需要满足严格的条件,任何导致市场偏离理想运行的因素都会导致市场失灵,市场失灵是导致能源效率障碍的主要因素之一,但市场失灵不能完全解释效率鸿沟的存在。学者们发现,有许多市场障碍会对能源效率鸿

沟产生影响,包括生产成本干扰、能效投资优先度低、缺乏可获得的资本等(Rohdin et al.,2007;Thollander and Dotzauer,2010)^[10,11]。此外,还有组织行为障碍的影响,典型因素如抵触改变、有限理性、文化价值观等(Bukarica and Robić,2013;Chai and Yeo,2012)^[8,9]。

1. 市场失灵。能源市场失灵的最典型原因是外部性和信息问题。能源使用会产生环境、健康负外部性,而能效技术创新则具有正外部性。能源定价不合理,未能反映递增的边际成本,不仅是对负外部性的放任,还会导致能效投资激励不足(Bukarica and Robić,2013)^[8]。信息不完全,表现为信息不足、信息不对称,导致用户搜索信息的成本过高,产生“逆向选择”和“委托代理”问题。Anderson和Newell(2004)^[12]指出,逆向选择问题在工业部门十分普遍,管理者们在选择能源效率项目投资时更关心初始购置成本,而不是长期成本的节约。由于能源效率不可观测,能效产品供应者难以有效地向顾客传递产品的节能技术信息,消费者出于对厂商机会主义行为的担忧,可能会基于产品价格而选购价格较低、能效也较低的产品。在企业的能效投资和能源使用中,决策者可能不是效率行为的直接受益者,且代理人和委托人之间的能效信息不完全对称,代理人缺乏能效行为的激励,便产生了偏离社会最优水平的委托-代理问题(Gillingham et al.,2009)^[13]。

2. 市场障碍。能源效率产品和技术的高隐含贴现率以及成本-收益有效的能效技术只占有限的市场份额,这些可以看作是市场障碍的表现(Nagesha and Balachandra,2006)^[14]。市场障碍通常是由市场本身的运行特点所造成,也会引起能效投资不足,但与市场失灵不同的是,是理性用户在给定价格和技术条件下的最优选择导致了能源效率鸿沟(Jaffe and Stavins,2000)^[6]。造成能源效率市场障碍的常见因素是投资的不确定性和风险贴现,不确定性不是市场失灵,但用户在决策时会考虑不确定性并相应地对

投资回报进行风险贴现,这是一种理性行为。能效投资的成本通常是一次性且不可逆转的,而投资收益的回收期却较长,未来不确定性较高,能源效率投资的风险不易分散,用户在决策时所采取的贴现率也较高,因此推迟或降低能源效率投资就成为一种合理的避险行为。资本市场融资障碍也被认为是引起能源效率鸿沟的重要原因(Thollander and Dotzauer,2010)^[11]。企业的自有资金有限,在需要进行大规模投资时通常依赖于外部融资,不同企业的融资能力和融资成本存在较大差异,可获得资本的限制也会影响能效技术的投资能力。而且,企业投资遵循优先顺序、生产成本干扰和能源成本的优先排序低、其他资本的投资更重要等因素会阻碍能效投资。此外,能源市场可能存在一些无法观测到的隐含成本,如管理成本、信息收集和分析成本、生产中断和不便利成本等(Jaffe et al.,2004)^[15]。

3. 组织行为障碍。Decanio(1998)^[16]认为,企业的能效技术投资行为可能是不完全理性的。企业决策事实上很难基于完全信息而做出,企业经营环境复杂,决策者受认知能力约束,导致在特定环境下偏离理性行为。Robinson(1991)^[17]对产品性能标识的研究表明,即便提供了充分的能源效率技术信息也不一定提高决策质量,决策者的选择标准可能不是最优而是满意。人们的认知特点决定了其对近处的因素更为敏感,能效投资的初始成本可以直接观测,而收益却要在未来实现,使得决策者对投资的前置成本比对未来的运营成本更为敏感,因此决策者对能源效率投资初始成本的过度关注影响了其能效决策,导致投资不足(Gillingham et al.,2009)^[13]。企业的文化特点、社会责任意识、管理者及组织内成员的态度会影响企业的能效投资,如环保理念,可能会鼓励企业进行能效投资,而组织内反对改变的成员会对能效举措不积极;缺乏能源成本控制制度、在能源管理中缺乏影响力等因素会造成能源效率问题在组织中被轻视或忽略(Rohdin et al.,2007)^[10]。

表1 企业能源效率障碍因素的分类

类型	障碍因素	具体表现
市场失灵	未定价的成本和收益、不完全信息	能源价格未能反映能源使用的环境、健康负外部性,而能源效率技术具有公共物品的属性;消费者对市场情况、技术特点和其行为的影响不明确,可能会基于产品价格进行选购;决策者不是效率行为的直接受益者,可能会产生委托-代理问题
市场障碍	价格波动风险、融资能力、优先顺序靠后、异质性、隐性成本	风险规避,关注短期收益;预算紧张,影响能效技术投资能力;生产成本干扰,其他投资优先;技术对企业的适应性会造成成本效率型的能效措施难以发挥作用;隐含成本,如管理成本、信息收集和分析成本、生产中断和不便利成本等

(续表1)

组织行为障碍	有限理性、惯性(抵触改变)、文化价值、能源管理制度、影响力	决策者对投资的选择不是追求最优而是满意;文化特点、管理者及组织内成员的态度、社会责任意识,如环保理念,可能会鼓励能效投资,组织内反对改变的成员会对能效举措不积极;缺乏能源成本控制制度以及在能源管理中缺乏影响力,会造成能源问题在组织中被轻视或忽略
--------	-------------------------------	--

资料来源:借鉴 Rohdin et al.(2007)、Chai 和 Yeo(2012)、Bukarica 和 Robić(2013)的研究整理得出

国内对能源效率鸿沟及其成因的研究较少,但学者们对影响中国企业节能的因素进行了探讨。由于中国处于工业化阶段,而工业企业的能耗整体较高,因此针对中国企业节能影响因素的研究大多集中于高能耗的工业企业。有研究表明,中国工业企业的能源利用效率可能会受管理层认知水平(组织行为障碍)的影响。曹春辉(2013)^[18]认为,企业节能减排不力的主要原因是认识不足、实施节能减排的能力低下。企业管理者主要关注生产经营,节能意识淡薄(金桂荣和张丽,2014)^[19]。更多的研究则认为,外部环境才是造成企业节能不力的主要原因。不少针对企业的调查研究表明,经济效益是影响企业节能减排的关键因素(周肖肖等,2015;张毅和韩志勇,2016)^[20,21],中国的能源价格水平偏低,对于能效投资的激励作用较弱(王俊杰等,2014;史丹,2018)^[22,23]。一些学者指出了体制机制因素的影响,如李梦蕴等(2014)^[24]认为,由于价格没有真实反映用能成本,一些地方政府在追求GDP快速增长的驱动下热衷于发展高耗能产业。陈升等(2015)^[25]指出,节能相关政策不够细化,为企业实施节能降耗带来了很大挑战。对于影响中国企业节能的因素,吕荣胜等(2015)^[26]总结为:政府的监管与扶持、市场环境、社会责任、经济效益、所有制形式、管理体系、节能技术。

虽然国内外学者研究的侧重点不同,但国内对企业能源效率障碍因素的探讨可以归为表1中的三类。学者们已经从定性角度提出了较多的可能引致能源效率鸿沟的因素,但这些因素是否在实际中造成了中国工业企业及企业集合层面的能源效率鸿沟还缺乏实证分析,相关因素的影响力大小也有待确认。本文认为,可以从市场失灵、市场障碍、组织行为障碍三个方面对造成中国工业部门能源效率鸿沟的因素进行搜寻和识别,并选取合理的变量进行实证检验。

三、理论机理

作为经济主体,企业的用能行为是一种市场条件下的经济行为。企业可以通过购买能源节约型技

术、设备等方式(以下简称为“能效投资”),实现在保证同等产出的条件下降低能源的消费量和成本。同时,能效投资本身需要支付一定的成本。为了简化分析,本文构建一个企业生产决策局部均衡模型,从经济学理想条件下的单期决策模型出发,并以此为基础进行扩展,推导和演示能源效率鸿沟的形成机理。首先,本文分析经济学理想条件下的情况,假定企业是理性的,市场是完全有效的。在企业的能效投资决策中,动机依然是利润最大化,也意味着成本最小化。因此,只有当能效投资的收益不低于其成本时,企业才会有动力进行能效投资。对于既定的能源服务产出量 Y_0 ,企业的成本最小化决策条件如下:

$$\text{Min}TC(X_i, X_e) = P_i X_i + P_e X_e \quad (1)$$

$$\text{s.t.} F(X_i, X_e) = Y_0 \quad (2)$$

其中, P_i 和 X_i 分别代表能效投资的价格和数量, P_e 和 X_e 分别代表能源投入的价格和数量。能源服务产出量 Y_0 是能效投资 X_i 和能源投入 X_e 的函数。通过求解成本最小化的一阶必要条件可以得到:

$$X_i^* = X_i^*(P_i, P_e, Y_0) \quad (3)$$

$$X_e^* = X_e^*(P_i, P_e, Y_0) \quad (4)$$

从式(3)和(4)可知,企业的最优能效投资选择和能源需求均取决于能效投资的价格、能源投入的价格和能源服务产出。然而在现实中,企业面临着复杂的能效投资决策环境,在各种障碍因素的作用下使得潜在节能技术未被选择,企业的能效投资低于社会最优水平,企业的实际能耗高于潜在能耗,因此便形成了能源效率鸿沟,需要通过政策引导才能跨越。本文分别针对市场失灵、市场障碍、组织行为障碍三种情形进行说明。

(一)市场失灵情形

企业能源使用的市场失灵主要表现为外部性和信息问题。本文以能源价格失灵和能效投资信息不畅为例,借助企业生产决策模型进行说明。在上述模型中,企业的能效投资和能源投入之间存在替

代关系,企业可以进行能效投资以提高能源利用效率,从而降低同样产出所需的能源投入量。如果能够满足成本最小化的二阶充分条件,那么企业的最优能效投资量对能源投入价格和能效投资价格的关系如下:

$$\frac{\partial X_i^*}{\partial P_e} > 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial X_i^*}{\partial P_i} < 0 \quad (6)$$

有一种常见情况是,能源价格偏低,未能反映能源使用中产生的环境、健康成本。假定能源使用的单位社会成本为 P_{se} , 能源使用的私人成本为 P_{si} , 由于能源使用的私人成本 P_{si} 低于社会成本 P_{se} , 从(5)式可知, 企业自发选择的能效投资额将低于社会最优能效投资额。当能源价格从 P_{si} 上升到 P_{se} 时, 企业会选择增加能效投资而减少能源使用量。

当能源技术市场不完全、存在信息障碍时, 企业为了购买到合适的节能技术或设备, 除了需要支付技术或设备本身的成本 P_i 之外, 还需要花费时间和资源来搜集、甄别相关信息, 因此会面临额外的信息成本 P_{if} 。由于存在信息障碍时, 企业能效投资的总成本 P_i 高于节能技术或设备本身的成本 P_i , 从(6)式可知, 企业实际的能效投资额将低于信息完全条件下的能效投资额。当信息不畅得到消除, 能效投资的价格从 P_i 下降到 P_i 时, 企业就会选择增加能效投资。

(二) 市场障碍情形

在实际中, 企业生产并非只在一个时间点上进行, 而是在时间周期内展开, 因此能效投资的成本和回报之间存在时间差。一般情况下, 能效投资的成本是在当期花费, 但能源投入减少、成本节约的收益却要在未来逐渐实现, 因此企业在计算能效投资的收益时会能源节约所产生的收益进行贴现。在此, 本文以 β 表示贴现率, $0 < \beta < 1$ 。为简化分析, 假设企业在二期中进行生产, 即时间 $t=0, 1$ 。在加入时间因素后, 企业经营的(期望)总成本最小化问题变为:

$$\text{Min}(X_i, X_{et}) E \left\{ \sum_{t=0,1} [P_t X_t + (1+\beta)^{-t} P_{et} X_{et}] \right\} \quad (7)$$

$$\text{s.t. } F(X_i, X_{et}) = Y_t \quad (8)$$

通过构造拉格朗日函数并求解一阶必要条件可求得均衡解:

$$X_i^* = X_i^*(P_i, P_{e0}, P_{e1}, \beta, Y_0, Y_1) \quad (9)$$

从成本最小化的二阶充分条件可以推出企业的

最优能效投资量和贴现率之间的关系, 具体为:

$$\frac{\partial X_i^*}{\partial \beta} < 0 \quad (10)$$

因此, 企业能效投资决策取决于能效投资的成本、可节约的能源成本、贴现率和产出。由于能效投资回报存在不确定性, 因此企业在进行决策时会考虑不确定性并相应地对投资回报进行风险贴现, 只有贴现后的净收益在零以上的能效投资才会被企业接受。由于风险调整的贴现率 β 是风险 q 的增函数, 因此有:

$$\frac{\partial \beta(q)}{\partial q} > 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial X_i^*}{\partial q} = \frac{\partial X_i^*}{\partial \beta} \frac{\partial \beta}{\partial q} < 0 \quad (12)$$

可见, 能源效率投资的风险越不易分散, 未来的不确定性越高, 用户在决策时所采用的贴现率就越高, 所选择的能效投资水平便越低。高不确定性环境下的能效投资水平将远低于无风险环境下的能效投资水平。由于能效投资的回报(能源节约)要在未来各期逐渐实现, 涉及一系列变量的预期, 而能效投资回报的长期性和不确定性使得对收益的衡量变得较为复杂, 因此在各种障碍因素的作用下便形成了能源效率鸿沟。

(三) 组织行为障碍情形

行为主体自身的特质也会对其决策产生影响。接下来, 本文讨论企业决策者在有限理性的情况下如何做出选择。在有限理性的情形下, 本文主要基于两点对模型放松假设: 一是决策者的认知能力有限; 二是决策者不是追求最优而是满意。

能效投资的初始成本可直接观察, 而能源成本要在未来发生, 人们的认知特点决定了其对近期的初始能效投资成本更为关注, 对未来发生的能源成本却不够敏感。假设 p 代表决策者对未来认知的理性程度, $0 < p < 1$ 时满足有限理性, $p=1$ 则代表完全理性。企业选择的贴现率 β 是认知能力 p 的减函数, 即满足:

$$\frac{\partial \beta(p)}{\partial p} < 0 \quad (13)$$

那么, 由式(10)和(13)可以推出, 企业的最优能效投资量和认知能力 p 之间的关系满足:

$$\frac{\partial X_i^*}{\partial p} = \frac{\partial X_i^*}{\partial \beta} \frac{\partial \beta}{\partial p} > 0 \quad (14)$$

因此, 企业决策者对能源成本的认知不足会影响其能效决策, 并导致投资不足。接下来, 本文考虑

决策者不是追求最优而是满意。此时,企业决策者不是追求成本最小化,也不是选择效率最高的生产方式,而是只要一种生产方式的成本低于某个阈值 B ,便可以被选择,企业的决策条件变为:

$$\text{Min} \sum_{t=0,1} [P_t X_t + (1+\beta)^{-1} P_{et} X_{et}] \leq B \quad (15)$$

因此,将有多种组合满足企业的选择条件,一旦出现令企业满意的选项,企业便可能接受该选项并停止搜寻新选项。其结果可能是,能源技术的出现顺序发挥决定性作用,企业选择的很可能不是能效最优的选项。进一步考虑,如果一开始出现并被选择的是某种次优的生产方式,那么在长期中最有效的生产方式能否被选择,也就是能源效率鸿沟能否得到跨越?假设企业依然坚持满意原则,那么企业的决策方式可以用式(16)和(17)表示。式(16)表明,只要日常运营成本在企业的容忍度 D 之内,企业就会按照原来的生产方式进行生产。此时,企业已经完成了初始投资 $P_t X_t$,无需再考虑能效投资,只需购买能源并支付产生的能源成本 $P_{et} X_{et}$,对于 X_{et} 可以参考上一期的能源投入 X_{et-1} 进行决策。只有当日常运营成本超出了企业的容忍度时,企业才会考虑改变原有的生产方式。

$$X_{et} = (Y_t/Y_{t-1}) X_{et-1}, P_{et} X_{et} \leq D \quad (16)$$

$$\text{Min} \sum_{t=0,1} [P_t X_t + (1+\beta)^{-1} P_{et} X_{et}] \leq B, P_{et} X_{et} > D \quad (17)$$

通过分析发现,企业的有限理性会导致最优的生产方式不被选择,从而形成能源效率鸿沟。并且,由于生产经营的惯性,企业如果一开始选择了次优选项,能源效率鸿沟将难以被自发纠正。只要日常运营成本在企业的容忍度之内,企业就会坚持原有的生产方式。此时,企业已经完成了初始投资,无需再考虑能效投资,只需参考上一期的能源投入和产出比来购买能源。

四、中国工业能源利用效率鸿沟的测度

(一)能源利用效率鸿沟的测度方法

由于最优的能源效率水平具有不可观测性,难以直接衡量能源效率鸿沟的规模,也就难以判定各种障碍因素的影响,使得学者们对能源效率鸿沟的大小以及障碍因素存在争议(Bukarica and Robić, 2013)^[8]。一种尝试性的度量方法是,通过调研用能企业进行间接估计。如 Backlund 等(2012)通过对瑞典制造企业的管理人员进行网络问卷调查,要求被调查者对采用新技术和加强管理的能源效率潜力进行评估,从而估计得出低能耗和高能耗型制造企业通过采用更高效的技术可以实现的能效潜力,

分别约为当前能耗的 5%和 13%。然而,不少研究者对于这类微观层面的估计方法提出了质疑,尤其是对调研方法的可靠性和调研结论推广的普适性,且人们的主观判断和现实之间存在差异(Allcott and Michael, 2012)^[27]。鉴于能源利用效率鸿沟是能源利用效率的实际水平与最优水平之间的差距,本文通过文献搜索发现,对于实际水平与最优水平差距的直接估计在产出缺口和能源效率研究中也都有所涉及。产出缺口指实际产出与潜在产出的差距,其计算方法主要有滤波法、生产函数法和动态随机一般均衡(DSGE)法。滤波法计算简便,但对于其是否能够有效衡量产出缺口存在争议;DSGE方法的计算过程复杂且理论尚不成熟(马述忠和潘伟康,2015);生产函数法最能体现潜在产出的供给面特征,Lin 等(2016)采用 DEA 方法计算了技术效率的缺口。除 DEA 之外,还有一种生产函数法是随机前沿分析(SFA),二者都是基于前沿距离函数的思想,但 DEA 是从实际数据选择前沿,SFA 则是基于函数和数据来推导前沿。SFA 的主要倡导者 Farrell 指出,并非所有的生产者都处于技术前沿,实际上大部分生产者距离最优效率存在一定差距,即技术无效率(Technical inefficiency)。可见,在投入产出框架下,技术无效率与能源效率鸿沟的概念具有一致性。本文认为,利用随机前沿分析得出的技术无效率可以用来度量工业部门的能源效率鸿沟。

随机前沿分析基于设定的函数来包络样本点,利用计量经济技术来估计边界函数,只要有一定数量的观测值便可以实现对生产前沿的估计,进而通过观察值估计出不可观测的理想前沿边界和相应的无效距离。虽然随机扰动项和技术无效率都不可观测,但随机前沿模型通过对随机扰动项进行恰当定义(均值为 0 且方差符合特定的分布)可以将其与无效率效应进行有效区分,并计算出技术无效率的值。随机前沿分析直接计算出的是技术无效率,而在应用中,关注能源利用效率值的学者们习惯于通过特定的换算得到技术效率值,并将其用作能源效率率的计算方法。本文回归随机前沿分析本身的特质,关注能源利用效率鸿沟。

(二)实证研究的基本假设

理论上,测算能源利用效率鸿沟最好采用企业层面的微观数据。但是,由于统计年鉴中只公布了汇总数据,通过公开途径无法获得企业层面的统计数据,因此要想获得工业企业的微观数据只能自行开

展调研,而且这样可以根据研究目的灵活设计问卷,采集所需数据。然而,微观调研也有较大限制。一是方法本身,包括问卷设计等对数据质量的影响很大;二是由于调研的复杂性,通常只能选择在某个较小的区域、行业范围内进行,即便获得了准确的调研资料,在向其他行业、地区推广研究结论时通常也并不一定可靠。此外,调查通常只能获得截面数据,要想观察随时间变动的因素就需要定期开展重复调研。

在数据条件的限制下,本文假设每个独立的行政省、市、区的工业行业为一个大型的生产组织和决策单元,并利用现有统计年鉴中公布的省、市、区工业行业面板数据进行实证分析。鉴于中国各省区在行政和经济生产上相对独立,除去央企等大型企业外,大部分企业的经营领域主要发生在一个地区,企业决策主要在当地的经营环境下做出,因此假定各个省区工业企业的能源行为都是近乎理性的决策。但是,在面对各个省区不同的经营环境时做出不同的生产决策,并间接产生能源利用的无效性,也为一种合理假设。

(三)模型与样本说明

为了对工业部门能源效率鸿沟进行估计,首先需要对计算公式进行推导。本文利用SFA方法测算能源效率鸿沟,需要构建能源投入产出距离函数。假设有 n 个地区组成的样本,其中第 i 个地区的投入-产出向量组合为 (K_i, L_i, E_i, Y_i) , K 代表资本, L 表示劳动, E 为能源消耗, Y 代表产出。按照通常的做法,假定生产函数满足Cobb-Dauglas形式,那么能源距离函数 $D_E(K_i, L_i, E_i, Y_i)$ 的表达形式如下(Zhou et al., 2012):

$$\ln D_E(K_i, L_i, E_i, Y_i) = \beta_0 + \beta_K \ln K_i + \beta_L \ln L_i + \beta_E \ln E_i + \beta_Y \ln Y_i + \nu_i \quad (18)$$

其中, ν_i 是由函数误设、遗漏变量等因素造成的随机误差项,具有零期望和同方差 σ_ν^2 ,表示生产前沿要受到随机因素的影响。根据Coelli等人的理论,能源距离函数在能源投入 E 中是线性齐次的,因此有:

$$\beta_E = 1 \quad (19)$$

将式(19)代入式(18)中,则有(20)式成立:

$$\ln\left(\frac{1}{E_i}\right) = \beta_0 + \beta_K \ln K_i + \beta_L \ln L_i + \beta_Y \ln Y_i + \nu_i - u_i \quad (20)$$

其中, $u_i = \ln D_E(K_i, L_i, E_i, Y_i)$,是与 i 地区的能源利用无效率有关的非负随机误差项,服从均值为 μ

的截断正态分布; ν_i 表示随机误差项,并且服从对称的正态分布。 u_i 和 ν_i 的分布相互独立,都与式(20)中的解释变量不相关。依据实际情况对式(20)进行改进,加入技术变化的时间趋势变量 T ,可推导出如下适用于面板数据的计算公式:

$$\ln\left(\frac{1}{E_{it}}\right) = \beta_0 + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_Y \ln Y_{it} + \beta_T T + \nu_{it} - u_{it} \quad (21)$$

其中,下标中的 i 和 t 分别表示第 i 个省市($i=1, 2, \dots, 30$)和第 t 年($t=1, 2, \dots, 19$)。本文以1997—2015年为研究区间,以中国内陆30个省市自治区为研究对象,由于西藏数据缺失较严重,中国香港、澳门、台湾地区的统计制度与内陆差异较大,故不包括在样本之内。本文数据主要来源于历年《中国统计年鉴》、《中国工业统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、EPS数据库和Wind数据库。对于部分省份在某些年度的缺失数据,本文通过查阅地方统计年鉴以及数据平滑方法予以补齐。产出以各省区实际工业增加值表示,取2005年为基期,根据工业品出厂价格指数生成各年份的实际工业增加值。工业企业能源消耗以历年各省区工业行业的能源消费总量表示,将地区能源平衡表中分行业的煤炭、石油、电力、天然气等能源实物消费量统一折算成标准煤(单位:万吨标准煤)。统计年鉴中没有直接公布分省区工业的固定资本形成额,因此固定资本存量参照陈勇和李小平(2006)的研究,采用永续盘存法进行计算,并且使用固定资产投资价格指数折算为不变价。劳动投入通常选用分行业就业人员数指标表示,本文借鉴陈德敏等(2012)的做法,计算地区工业就业人员年平均数作为当年的劳动投入。

(四)能源效率鸿沟测算结果的比较分析

基于SFA模型与面板数据,本文运用Frontier 4.1软件对中国工业部门的能源效率鸿沟进行估计,结果如表2所示。其中,无效率项方差与总体方差的比值 γ 为0.706,并且在1%的显著性水平上拒绝零假设,可见前沿函数的误差中有70.6%的成分来源于无效率因素的影响,说明随机前沿模型的设定比较可靠。从估计结果来看,时间的系数约为0.01,且在10%的水平上通过显著性检验,意味着在样本期间内发生了小幅的技术进步。除时间变量外,其余各项系数都在1%的水平上显著,数据拟合较好。

表2 模型参数的最大似然估计结果

变量	系数	t 值
常数项	-2.695***	-9.50
lnK	-0.181***	-7.81
lnL	-0.167***	-4.46
lnY	-0.381***	-7.90
T	0.009*	1.78
σ^2	0.116***	3.93
γ	0.706***	10.26
μ	0.573***	6.30

模型诊断

Log 函数值	96.290
LR 统计值	479.751

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著

表3中列出了中国各省市1997—2015年工业能源利用的技术无效率均值(能源效率鸿沟)及排名。技术无效率的取值范围大于等于0,而且全国工业的能源利用效率鸿沟均值约为0.59,有12个省区的能源利用效率鸿沟高于全国平均水平。中国不同地区的工业能源利用效率鸿沟差异明显,山西的能源利用效率鸿沟最大,为1.07,北京的最小,仅为0.06。从排序中可以看出,鸿沟较小的省区多为东部沿海省份,而排序靠后的多为西部省份。工业能源利用效率鸿沟呈现出东、中、西部梯次递增的特征,从侧面证明了阻碍中国工业能源利用效率实现的市场障碍客观存在。

表3 1997—2015年中国地区工业能源利用的技术无效率值及排名(升序)

排名	省份	无效率值	排名	省份	无效率值
1	北京	0.060	16	重庆	0.548
2	福建	0.100	17	四川	0.569
3	浙江	0.193	18	黑龙江	0.573
4	广东	0.376	19	云南	0.669
5	天津	0.383	20	山东	0.687
6	海南	0.395	21	甘肃	0.691
7	江西	0.402	22	吉林	0.718
8	上海	0.438	23	湖北	0.733
9	江苏	0.439	24	辽宁	0.764
10	安徽	0.465	25	河北	0.945

11	陕西	0.477	26	贵州	0.958
12	广西	0.492	27	新疆	1.004
13	河南	0.498	28	内蒙古	1.019
14	青海	0.512	29	宁夏	1.039
15	湖南	0.521	30	山西	1.073

能源利用效率鸿沟的大小与能源利用效率水平之间存在对应关系,即鸿沟越大意味着效率越低,反之亦然。因此,对于某个现实样本而言,以鸿沟大小反映出来的效率水平与采用其他指标衡量的结果应当具有较强的一致性。本文将工业能源利用效率鸿沟与依据同一批数据测算出的能源强度均值进行了Pearson和Spearman相关性检验,结果显示二者的相关性较高,Pearson相关系数为0.87,Spearman相关系数为0.84,在1%的水平上显著。总体上,以能源强度和效率鸿沟表征的能效利用情况具有一致性,说明随机前沿分析测算出的能源利用无效率值能够较好反映中国工业的能源利用效率鸿沟。

五、中国工业能源利用效率鸿沟成因的实证检验

本文利用2006—2015年中国30个省区的面板数据,从两个角度对造成工业能效障碍的因素进行实证检验。一是通过选取合理的障碍因素代理变量,直接估计相关因素对工业能源利用效率鸿沟的影响;二是,对比政策干预前后(即考察导致鸿沟的因素减弱之后)工业能源利用效率鸿沟是否发生了变化,实现反事实分析。本文的影响因素模型之所以选取2006—2015年作为样本期,是因为中国于2006年在《国民经济与社会发展“十一五”规划》中首次提出了使能源强度下降20%的约束性目标,而实现目标的主要方法是对重点行业采取行政措施,在后续规划中也持续贯彻了提高能源效率的政策。因此,本文认为2006年可以作为对比中国能源效率政策的分界点。

(一)变量选取与数据来源

综合国内外学者们对能源效率障碍因素的研究成果,本文根据形成能源效率障碍的三种机制,即市场失灵、市场障碍和组织行为障碍,选取并检验能源价格(外部性)、环境规制(错误激励)、经济的市场化程度(不完全信息)、金融市场发育度(融资障碍和投资风险)和人力资本(与组织行为障碍负相关)的影响。

金融市场发育度(INV)。目前,国内较少有研究关注金融市场对能源利用效率的影响。企业在更新

生产设备、购置高效节能技术时通常需要在资本市场中寻求融资,而金融市场的发育程度直接制约着企业的融资渠道、融资成本和分散风险的可能性。本文选择金融业增加值占 GDP 的比重作为衡量地区金融市场发展程度的代理指标(何德旭、王朝阳,2017)。

环境规制(POL)。环境规制的作用在于纠正能源使用的负外部性,环境制度缺位是对能源市场失灵的放任。度量环境制度的指标主要有投入指标(如污染治理投资额)和产出指标(如污染物的达标排放率)两类。从环境规制结果的角度来对环境规制强度进行表征能够较好地避免使用单一指标的缺陷(高志刚和尤济红,2015),本文选取环境规制下的污染物排放强度,即单位 GDP 的工业废气排放量作为度量地区环境规制松弛度的指标。

经济的市场化程度(MKT)。市场化程度越高,对资源有效配置的能力越强,能效障碍出现的可能性就越小,反之则越容易造成能源配置无效。以往研究提出了多种衡量指标,如外商直接投资额、工业总产值中非国有企业所占的比重、樊纲市场化指数等。樊纲市场化指数的认可度较高,但该指标于2009年中断,2015年再次发布时统计方法大幅调整,导致前后数据缺乏可比性。李静和饶梅先(2011)通过实证检验发现,樊纲市场化与工业总产值中非国有企业所占比重的关联性极高。因此,本文采用地区工业总产值中非国有企业所占比重来反映市场化程度。

人力资本(EDU)。理论上,企业员工和管理者的受教育程度越高,对信息的搜集、处理以及对新技术的消化、吸收能力越强,越有助于降低企业的组织行为障碍。本文以地区就业人口的受教育水平作为组织行为能力的替代变量。借鉴傅晓霞和吴利学(2006)的计算方法,以不同受教育层次的就业人口比重和受教育年限折算加权值(文盲、小学、初中、高中、大专、本科及以上学历教育年限的赋值分别为0、6、9、12、14、16)。

能源价格(P)。作为市场的信号,能源价格低于有效水平会向市场传递错误信号,造成企业能源投入浪费和能效投资不足。中国缺乏对能源价格数据的系统统计,本文借鉴以往研究的处理办法(李梦蕴等,2014)^[24],采用原材料、燃料、动力的购进价格指数作为近似替代指标。

控制变量(CTR)。本文将各个省区的工业行业假定为一个大型企业集群,共同作为一个决策单元。

但是,考虑到能源成本在不同行业成本中所占比重的差异较大,对于能源效率障碍因素的敏感性也存在差异,因此本文以各省区六大高耗能工业^①总产值所占的比重作为省区“工业企业组织”内部差异的控制变量。

本部分以2006—2015年为研究区间,以中国大陆30个省市自治区的面板数据为样本,不包括西藏、香港、澳门和台湾地区。本文环境数据来源于历年《中国环境统计年鉴》。

(二)影响因素模型

检验影响因素的一种方法是,先测算出无效率值作为被解释变量,再选取合适的因素作为解释变量进行回归分析。Battese和Coelli于1995年提出了一种更为有效的检验方法,就是在SFA函数中直接对影响因素的作用进行估计,这种方法不仅具有便利性,而且能够提高估计的准确度,被称为BC(95)模型。简言之,是在(21)式的基础之上,再建立一个表达影响因素和无效率项关系的辅助函数,在测算无效率值的同时进行影响因素估计。具体而言,假定 μ 为各种影响因素的函数,如下所示:

$$\ln\left(\frac{1}{E_{it}}\right) = \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \beta_3 \ln Y_{it} + \beta_4 T + \nu_{it} - u_{it} \quad (22)$$

$$\mu_{it} = \xi_0 + \xi_1 P_{it} + \xi_2 INV_{it} + \xi_3 POL_{it} + \xi_4 MKT_{it} + \xi_5 EDU_{it} + \xi_6 CTR_{it} \quad (23)$$

式(22)中, i 和 t 分别表示 i 地区和 t 年。式(23)中, ξ_0 为常数项。本文待检验的影响因素包括能源价格 P 、金融市场发育度 INV 、环境规制 POL 、经济的市场化程度 MKT 、人力资本 EDU 和控制变量 CTR (产业结构),如果系数的符号为正,则表明该因素能够加剧对技术无效率的影响,反之则说明对技术无效率有削弱作用。

(三)回归结果分析

表4为随机前沿函数及影响因素的估计结果,可以看出Log函数值和LR统计值均较大,从而拒绝了模型缺乏解释力的假设。方差比 γ 值超过了0.9,并且在1%的水平上显著,说明能源效率的差异绝大部分来自于无效率项,随机前沿分析有效。回归结果的统计特征表现良好,除能源价格以外,其余变量的系数均通过了10%的显著性水平检验,且绝大多数变量回归系数的 t 检验值在1%的水平上显著。总体上看,模型对数据有较强的解释力。

从影响因素的弹性来看,金融市场发育程度的系数为-4.57,在各项系数中其绝对值最大,并且在

1%的水平上拒绝了零假设,可见市场发育程度的提高会降低技术无效率。并且,能源利用的技术无效率对金融市场发育程度十分敏感,金融市场发育度的提高将使能源利用的无效性成倍下降。反过来,意味着金融市场发育不足导致了工业能源利用的无效率,可见金融市场不健全是引致中国工业能源效率鸿沟的主要因素之一。

工业的非公有制经济比重直接反映了企业进出市场的壁垒和市场表现活跃程度。经济市场化程度的系数约为-0.7,在1%的水平上通过了显著性检验,说明市场机制起到了提高资源配置效率的作用,而市场化程度限定了市场机制所能发挥作用的大小。经济市场化程度与能源利用无效率之间的负向关系表明,经济发展的市场化程度也是引致工业能源利用效率鸿沟的主要障碍因素之一。

工业单位GDP排放强度的系数值为0.15,并且显著性非常突出。工业单位GDP排放强度是在既定的环境制度下企业理性选择的结果,与环境规制效率之间是反向关系,排放强度越高表明环境规制的约束力越弱,反之则表明环境规制的约束力强。排放强度与能源利用效率鸿沟之间的显著正相关关系,恰好证明了环境规制薄弱、对能源外部性的放任造成了工业的能源效率鸿沟障碍。

能源价格与工业效率鸿沟呈负相关关系,说明提高能源价格能够激励企业提高能源的利用效率。即便不考虑外部性成本,在当前受管制的价格机制下,能源价格也未能反映能源的稀缺性,甚至未能完全反映生产成本(不少能源供应企业长期亏损),导致企业能效投资的激励不足,能效投资回报不高,自然也就不会成为企业优先考虑的对象。此外,价格的调节作用受制于市场机制的完善程度,当前的价格约束对工业无效用能的影响有限,这也是造成价格因素对工业能效鸿沟的影响不显著的原因。

人力资本因素的系数虽然较小,但却与能源效率鸿沟显著负相关,说明组织行为障碍是造成工业企业能源效率鸿沟的一个因素。在市场不完全、信息有限的条件下,企业自身的信息处理、判断、技术吸收和管理能力确实造成了其能效表现存在差异。

控制变量,也就是产业结构因素与工业能源利用的无效性呈高度相关关系。工业行业作为企业个体的集合,不同类型企业的多寡自然会影响到企业集合总体的能效表现,高能耗个体越多则能源利用效率问题越严重。

分析表明,工业能源效率鸿沟的产生既受企业自身(员工和管理者人力资本)因素的影响,也受众多外部因素影响。虽然人力资本与能源技术无效率呈显著负相关关系,说明工业企业自身的组织行为障碍对其能源利用效率产生了不利影响,但包括金融市场发育程度、经济市场化程度、环境规制、能源价格在外的外部因素的影响更大,也更显著。这说明,造成中国工业能源利用无效率的主要因素还在于企业所处的经营环境,即市场因素,除了通常的市场障碍和市场失灵之外,市场机制(包括金融市场、要素市场、产品市场)不完善也在很大程度上导致了市场对资源配置的能力较弱。

表4 随机前沿函数及影响因素的估计结果

变量	系数	t 值
常数项	-1.062***	-4.026
lnK	-0.396***	-9.92
lnL	-0.062**	-1.97
lnY	-0.465***	-11.92
T	0.067***	6.31
无效率常数	1.769***	5.08
CTR	0.027*	1.64
P	-0.198	-0.82
INV	-4.572***	-5.04
POL	0.152***	10.42
MKT	-0.699***	-5.97
EDU	-0.017***	-4.75
σ^2	0.052***	9.43
γ	0.908***	13.98
Log 函数值	45.985	
LR 统计值	145.819	

注:同表2

(四)能效政策干预效果的反事实分析

早在1997年,中国政府便通过了《中华人民共和国节能法》,但相关条款大多仅是原则性条款,缺乏强制性惩罚措施和执法手段,也未能明确执法和监督的主体。直到2004年,出台《节能中长期规划》以后,政府才开始逐步落实节能管理。2005年,政府在《国民经济与社会发展“十一五”规划》中首次将能源强度约束目标列入其中,并将节能目标分解到地区,对相关部委、各级地方政府提出了责任要求。紧随“十一五”规划,政府又密集出台了《十大

重点节能工程实施意见》、《千家企业行动》、取消高耗能产品出口退税等一系列政策措施。因此,本文认为可以将2006年作为中国能源效率政策制度的分界点。

如果政策调控的作用很小,那么在企业经营环境没有发生重大改变的条件下,企业应当维持原有的能源行为方式,因此工业部门在2006—2015年之间及1997—2015年之间的能源行为应该不会有较大变化。反之,如果新制度约束确实减轻了企业的能源效率障碍,那么应该能观测到工业部门的能源效率行为在政策执行前后两个时期了发生改变。在前文中,已经分别对1997—2015年和2006—2015年两个阶段工业部门的能源效率前沿函数进行了估计,可以对两个阶段的估计结果进行比对。虽然本文在1997—2015年和2006—2015年两个阶段的估计中对无效率项的设定有区别,但Frontier 4.1估计程序中的随机前沿估计实际上遵循了三个步骤,其中第一步是普通最小二乘估计,除截距项外,对其余系数的估计都是有效估计。这个阶段的估计值不受误差项设定的影响,因此可以用来对1997—2015年和2006—2015年工业部门是否发生了能源行为变化进行比对。

从表5的分阶段估计结果可以看出,2006年以后,模型的系数和显著性都发生了较大变化。估计2(2006—2015年)和估计1(1997—2015年)最大的不同在于产出和时间项的估计结果。对于2006—2015年的数据样本,时间T的系数值是1997—2015年系数值的3倍多,显著性也大幅提高,表明能源利用技术发生了小幅但明显的进步。2006年以后,产出的估计系数明显增大,显著性也有所提高,表明能源投入与产出之间的关联性有所加强,能源要素利用更为集约。可见,能效政策发挥了作用。

表5 1997—2015年和2006—2015年估计的最小二乘结果对比

变量	估计1:1997—2015年		估计2:2006—2015年	
	系数	t值	系数	t值
lnK	-0.194***	-5.64	-0.089**	-2.00
lnL	-0.174***	-4.55	-0.060*	-1.552
lnY	-0.337***	-10.46	-0.574***	-15.27
T	0.013***	2.64	0.049***	6.67

注:同表2

六、结论与启示

(一)研究结论

本文首先从理论上对能源利用效率鸿沟的形成机理进行了分析,推导了在市场失灵、市场障碍和组织行为障碍三种情形下,企业决策如何导致了能源效率鸿沟的产生。其次,对中国工业部门能源利用效率鸿沟的大小及其影响因素进行了实证检验。本文利用能源生产效率前沿模型和全国30个省区工业部门的面板数据测算了工业部门的能源效率鸿沟,并基于市场失灵、市场障碍和组织行为障碍三类因素,选取并检验了金融市场发育程度、经济市场化程度、能源价格、环境规制、人力资本和产业结构对工业部门能源利用效率鸿沟的影响。此外,本文还对“十一五”时期以来能效政策的干预效果进行了实证检验。

本文有三个主要结论,第一,2006—2015年,中国省区工业能源利用的技术无效率值(能源效率鸿沟)平均约为0.59。第二,工业的能源效率鸿沟对金融市场发育程度最为敏感,系数富有弹性且显著为负,金融市场发育不足,不能给企业的能效投资提供有效的资金支持和分散投资风险的渠道,是对工业部门能效鸿沟影响最大的因素;环境规制薄弱产生了错误的激励,因此对能源效率鸿沟产生了显著的负面影响;能源价格受到管制,且市场机制不完善,对资源的配置作用有限,因此对能源效率鸿沟有加剧作用;产业结构对能源效率鸿沟亦具有重要影响;人力资本的系数虽然较小,却与能源效率鸿沟呈显著负相关关系,说明工业部门自身的组织行为障碍对能源利用效率鸿沟产生了影响。第三,通过对比2006年前后两个时期工业部门能源效率函数的变化,发现“十一五”时期以来,政策环境的改善对于缩小工业能源效率鸿沟有明显作用。

(二)政策启示

在市场失灵、市场障碍和组织行为障碍因素的作用下,形成了中国工业的能源效率鸿沟,对此需要通过政策引导才能跨越。总体上看,虽然工业部门自身的组织行为障碍对能源利用效率鸿沟产生了影响,但更为重要的障碍因素还在于市场本身。“十一五”时期以来,环境政策的收紧和能效制度的形成虽然产生了明显的效果,但到目前为止,中国政府仍主要依靠强制性手段来促进企业节能。不少研究指出,行政手段的负面影响较大,不能发挥工业企业的主动性。因此,本文提出三点政策建议。

1. 为企业的能效投资提供资金支持和分散投资

风险的渠道。金融市场不健全,企业便无法得到有效的金融支持,这是中国工业部门的主要能源利用效率障碍因素之一,因此跨越能源效率鸿沟需要为企业的能效投资提供资金支持和分散投资风险的渠道。一是,提供能效投资的信贷优惠政策。资金约束是导致企业能效投资不足的重要原因,节能项目由于投资收益存在不确定性,融资十分困难。中国可以通过引导金融市场加大对企业与循环经济、碳减排、节能改造有关的投资提供信贷支持,优先为能效投资项目提供融资服务,并提供分散投资风险的金融产品,为企业提高能源利用效率提供金融支持。二是,加大财税政策支持力度。中国金融体系尚不成熟,需要依靠政府作为节能活动和能效项目的主要融资渠道,具体而言,通过综合运用补贴、税收减免、加速折旧、优惠信贷、贷款担保、专项基金等财税手段鼓励企业进行能效投资。

2. 纠正用能的环境外部性和错误激励。实证结果表明,法规和监管体系不健全是导致中国工业部门能源利用效率鸿沟的重要因素,应当加强环保与能效法律制度、监管体系的建设,使得环保与能效法律法规符合改革与发展的需要。具体而言,有必要提升能源税实施的效力,推动环境税适时征收。能源在生产使用过程中会产生负面的环境外部性,用能源税和环境税代替扭曲性税种的收入,可以获得环境改善和减小扭曲性税种造成的效率损失的“双重红利”,能够提高效率、增加产出,甚至促进就业。长期来看,需要制定、完善和有效实施针对能源效率的基本法,使其成为企业约束能源消费行为的“硬约束”。同时,应当加强对企业节能减排的执法监督力度,落实对违法、违规行为的处罚。鉴于各地区在能源、环境等方面采取的有偏制度选择会导致能效非平衡发展,一方面需积极推进全国层面能效法律法规标准的统一化,另一方面,需加强不同地区能源制度体系之间的协调性,避免出现政策洼地效应。

3. 推进能源市场化改革。与西方国家不同,中国经由计划经济、双轨制经济逐步转向市场经济,除开企业自身的组织行为障碍和能源外部性导致的市场失灵之外,导致工业能源利用无效率的一个重要原因还在于市场机制的不完善。实证结果表明,提高经济的市场化程度和能源价格能够降低工业的能源效率鸿沟。但是,价格的调节作用受制于市场机制的完

善程度,在当前的价格管制下,价格约束对企业能源使用无效率的影响有限。虽然经济总体的市场化程度不断改善,但要素市场的发育程度依然较为落后,尤其是能源市场的效率较低,突出表现在能源价格补贴、终端能源价格处于高度管制的状态,能源市场的垄断程度较高导致生产效率低下,能源产业本身也是能耗大户,单一的所有制结构等方面。客观而言,形成有利于资源优化配置、供求形势要求以及使外部性成本内部化的能源价格机制,是推进市场化改革的重要出发点和落脚点。价格管制成为推进能源市场化的重要制约,基于当前能源市场改革形势和未来政策的取向,积极推进价格放开和准入放开下的市场结构多元化应成为重要方向。

(三)研究不足与展望

目前,国内鲜有研究关注企业的能源效率鸿沟,国外虽然进行了较多定性探索,但缺乏对企业能源效率鸿沟障碍形成机制的系统研究。加之我国缺乏微观统计数据,导致本文不得不在缺乏成熟理论、方法、范式和数据条件下展开研究。虽然本文力图对中国工业企业的能源利用效率鸿沟问题提供充分解答,尽力搭建一个较为完整的逻辑框架和结构体系,但仍存在不少有待深化与改进之处。本人认为后续研究可以从三个方面进行扩展。一是,补充企业能源行为相关的微观证据。由于缺乏微观企业数据,本文仅利用工业部门的省际数据进行了实证分析,若能补充微观企业层面的证据,则可以更加充分地证明相关结论。二是,聚焦细分行业 and 不同类型的企业进行研究。对于不同行业而言,金融市场发展程度、环境规制、能源价格等因素的影响可能存在差异。例如,对于重工业和轻工业而言,能源在其各自成本中的比重差别较大,重工业对能源价格的变动可能会比轻工业更为敏感;大型企业和中小企业的能源行为也可能存在较大差异。本文未能对此提供解答,后续研究可以在不同行业、不同类型的企业层面进行深入分析。三是,构建企业能源行为的政策响应模型,进行政策效果模拟和评价。以本文对企业能源消费的决策机制、行为特点、影响因素的研究结果为基础,构建能源供需和能效供需函数,并用中国的数据进行校准,利用政策响应模型来模拟预测不同政策工具的效果,从而提供更为细致、准确的政策评估结果。

注释:

① 《2010年国民经济和社会发展统计报告》中指出了六大高耗能行业:化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、石油加工炼焦及核燃料加工业、电力热力的生产和供应业。本文据此选取六大高耗能行业,并计算其产值的比重。

[参考文献]

- [1] 邹艳芬. 能源消费波动特征分析——基于门限分位点回归模型[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2014(3):38-42.
- [2] 魏 楚,沈满洪. 能源效率研究发展及趋势:一个综述[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版),2009(3):55-63.
- [3] Sorrell S. The economics of energy efficiency: Barriers to cost-effective investment[M]. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2004.
- [4] Backlund S, Thollander P, Palm J, et al. Extending the energy efficiency gap[J]. Energy Policy, 2012, 51: 392-396.
- [5] Hirst E, Brown M. Closing the efficiency gap: Barriers to the efficient use of energy [J]. Resources, Conservation and Recycling,1990, 3(4):267-281.
- [6] Jaffe A B, Stavins R N. The energy-efficiency gap: What does it mean?[J]. Energy Policy, 1994,22(10):804-810.
- [7] Palmer K, Walls M. Using information to close the energy efficiency gap: A review of benchmarking and disclosure ordinances.[J]. Energy Efficiency,2017, 10(3):673-691.
- [8] Bukarica V, Robić S. Implementing energy efficiency policy in Croatia: Stakeholder interactions for closing the gap [J]. Energy Policy,2013, 61: 414-422.
- [9] Chai K, Yeo C. Overcoming energy efficiency barriers through systems approach—A conceptual framework [J]. Energy Policy,2012, 46: 460-472.
- [10] Rohdin P, Thollander P, Solding P. Barriers to and drivers for energy efficiency in the Swedish foundry industry[J]. Energy Policy, 2007, 35(1):672-677.
- [11] Thollander P, Dotzauer E. An energy efficiency program for Swedish industrial small- and medium-sized enterprises[J]. Journal of Cleaner Production,2010, 18(13):1339-1346.
- [12] Anderson S T, Newell R G. Information programs for technology adoption: the case of energy-efficiency audits[J]. Resource and Energy Economics,2004, 26(1):27-50.
- [13] Gillingham K, Newell R G, Palmer K. Energy efficiency economics and policy[R]. NBER Working Paper,2009.
- [14] Nagesha N, Balachandra P. Barriers to energy efficiency in small industry clusters: Multi-criteria-based prioritization using the analytic hierarchy process[J]. Energy,2006, 31(12):1969-1983.
- [15] Jaffe A B, Stavins R N. Energy-efficiency investments and public policy[J]. The Energy Journal, 1994,15(2):43-66.
- [16] Decanio S J, Watkins W E. Information processing and organizational structure [J]. Journal of Economic Behavior & Organization,1998, 36(3):275-294.
- [17] Robinson J. The proof of the pudding: Making energy efficiency work[J]. Energy Policy,1991, 19(7):631-645.
- [18] 曹春辉,席西民,曹瑄玮. 企业节能减排的动因探析与策略选择[J]. 管理评论,2013(7):3-10.
- [19] 金桂荣,张 丽. 中小企业节能减排效率及影响因素研究[J]. 中国软科学,2014(1):126-133.
- [20] 周肖肖,丰 超,魏晓平. 政策匹配视角下环境规制与结构升级的节能效应研究[J]. 山西财经大学学报,2015(12):13-25.
- [21] 张 毅,韩志勇. 工业企业节能行为与节能投资影响因素研究——以能源工业基地山西为例[J]. 软科学,2016(12):104-108.
- [22] 史 丹. 中国工业绿色发展的理论与实践——兼论十九大深化绿色发展的政策选择[J]. 当代财经,2018(1):3-11.
- [23] 王俊杰,史 丹,张 成. 能源价格对能源效率的影响——基于全球数据的实证分析[J]. 经济管理,2014(12):13-23.
- [24] 李梦蕴,谢建国,张二震. 中国区域能源效率差异的收敛性分析——基于中国省区面板数据研究[J]. 经济科学,2014(1):23-38.
- [25] 陈 升,刘 泽,杨代福. 资源型产业企业节能绩效影响因素实证研究:以山西省为例[J]. 管理评论,2015(4):13-20.
- [26] 吕荣胜,杨 蕊,洪 帅. 我国企业节能影响因素研究综述[J]. 经营与管理,2015(3):88-92.
- [27] Allcott H, Greenstone M. Is there an energy efficiency gap?[J]. Journal of Economic Perspectives. 2012, 26(1):3-28.

[责任编辑: 陈冬博]